数字化技术在高速公路路基桥梁施工管理中的应用

杨 刚

(安徽远航交通科技有限公司, 安徽 合肥 230000)

摘 要 本研究系统探讨了建筑信息模型 (BIM)、物联网和大数据分析等数字化技术在高速公路路基桥梁施工管理中的应用。通过构建数字化管理平台, 实现了设计精度提升、施工效率提高及施工管理智能化水平显著增强。研究发现, 数字化技术在应用过程中仍面临数据安全隐患、技术标准不统一、专业人才短缺等挑战, 需向着智能化、自动化、绿色化方向改进, 推动跨领域协同合作, 为高速公路建设带来更加科学的运营模式。

关键词 数字化技术; 高速公路; 路基桥梁施工管理; BIM 技术; 物联网技术

中图分类号: U416

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.24.033

0 引言

随着科技的发展, 数字化技术正逐步渗透到各行各业, 进一步推动了传统产业的创新与变革。在高速公路建设领域, 数字化技术的应用正逐步改变着传统建设模式, 为交通基础设施的创新与发展带来了新的希望与活力^[1]。在国家交通网发展过程中, 高速公路建设是重中之重, 其建设质量和运营效率直接关系到国家经济的发展和人民生活的改善。然而, 传统的高速公路建设模式存在诸多痛点, 如施工难并且周期较长等问题。数字化技术的应用, 为解决这些问题提供了有效途径^[2]。

1 数字化技术在高速公路路基桥梁施工管理中的应用

1.1 BIM 技术在设计阶段的应用

BIM 技术是高速公路数字化建设的中流砥柱, 为整个建设过程提供了强大的技术支撑。凭借 BIM 技术, 能够构建出高度逼真的高速公路三维模型, 将设计、施工、运维等各环节的信息无缝衔接, 实现协同作业, 打破信息孤岛。

在实际的高速公路建设项目中, 众多团队都已从中受益。在设计桥梁时, 设计师运用 BIM 技术构建出精细的三维桥梁模型, 不仅能直观呈现桥梁的外观与结构, 还能模拟不同荷载、温度、风速等工况下桥梁的受力状态。通过分析模拟结果, 设计师可精准发现潜在问题, 提前优化设计方案, 避免在施工阶段出现重大设计变更, 大大提高了设计精度^[3]。

同时, BIM 技术支持多人、多专业在同一模型上实时协作。结构工程师、建筑师、机电工程师等可基于

同一平台开展设计工作, 设计信息能够实时更新与共享, 各专业之间的设计冲突得以提前解决, 有效提升了设计效率, 为后续施工的顺利进行提供了有力保障。

1.2 物联网技术在施工监控中的应用

物联网技术凭借其强大的互联互通能力, 在高速公路施工监控领域发挥着关键作用。它能够将高速公路上的各类设备、行驶车辆以及施工人员紧密连接, 实现信息的实时传输与高效共享。

在实际应用中, 物联网技术可全方位实时监测高速公路的路况信息, 包括道路平整度、车流量等, 还能精准掌握气象状况, 如温度、湿度、风速等, 为行车安全筑牢坚实防线。此外, 物联网技术推动了高速公路的智能化管理变革, 如智能收费系统让车辆通行更加便捷高效, 智能照明系统则可根据实际需求自动调节亮度, 实现节能降耗。

在桥梁施工管理环节, 物联网技术借助传感器网络构建起全方位监测体系, 重点监测桥梁相关参数, 如振动参数、应变参数、位移参数等, 为桥梁结构健康监测提供海量精准数据^[4]。通过先进的技术深入整合分析相关监测数据, 能够敏锐捕捉桥梁的潜在隐患, 进而及时制定并实施维护措施, 确保桥梁始终处于安全稳定的运营状态。

1.3 大数据分析技术在交通管理中的应用

大数据分析技术在高速公路交通管理领域的应用价值日益凸显。它能够对高速公路上交通流量、行车速度、车辆类型等海量且复杂的数据进行实时精准监测与分析, 为交通管理与决策筑牢科学依据根基。

以成都自动驾驶测试基地为例, 该基地借助高速

公路数字化建设的显著成果，构建起高度仿真的测试环境。在这里，智能化技术全面落地，高速公路实现了自主感知、自主决策与自主控制。

大数据分析技术的精准实施能够准确监测交通流量，深度剖析数据，精准把握不同时段、不同路段的流量变化规律^[5]。基于此，可为自动驾驶车辆提供精准的路径规划与决策支持。例如：当检测到某路段即将出现拥堵时，系统能迅速为自动驾驶车辆规划出一条畅通高效的替代路线，有效提升交通效率。同时，通过持续监测行车速度、车辆类型等数据，可针对一系列问题采取应对措施提供有力支撑，全方位保障行车安全，有力推动高速公路交通管理朝着智能化、高效化方向大步迈进。

1.4 数字化技术在施工管理中的综合应用

在高速公路建设领域，数字化技术与物联网技术的深度融合正深刻改变着施工管理的模式与成效，以呼北国家高速公路山西省朔城至神池段（简称“朔神项目”）丁庄窝大桥施工管理为例，其综合应用成效显著^[6]。

在朔神项目丁庄窝大桥的施工管理中，数字化与物联网技术构建起一套高效、智能的管理体系。借助数字化功能，桥梁施工管理实现了全方位优化。在资源分配上，系统能够依据实时数据精准调配人力、物力，避免资源浪费与短缺，提升项目整体资源利用率。在工程质量监管方面，通过物联网传感器实时采集数据，对施工过程进行严格把控，及时发现并纠正质量问题，有效防范质量风险。

同时，该系统实现了对钢筋、水泥等施工原材料的实时监控，确保材料质量与供应稳定；对混凝土浇筑、预应力张拉等关键施工步骤进行实时管理，保障施工工艺的规范执行；对桥梁施工重大风险源进行实时监控及预警，提前消除安全隐患。此外，BIM进度推演与现场施工进度对比功能，使项目管理者能及时调整施工计划，确保工程按期推进。关键数据可追溯功能则为工程质量追溯与责任认定提供了有力依据。采用该系统后，施工效率显著提升，质量管控更加精细，为高速公路建设的高质量发展提供了坚实的保障。

2 数字化技术在施工过程中应用面临的挑战

在数字化技术为高速公路施工管理带来诸多便利与变革的同时，其应用过程中也面临着诸多挑战。

2.1 数据安全问题

数据安全问题首当其冲。高速公路建设涵盖大量敏感信息，如设计图纸关乎工程结构安全，施工计划涉及工程进度与资源调配，交通流量数据则与区域交

通规划紧密相连。这些信息一旦泄露，不仅会使企业遭受重大经济损失，更可能对国家安全和公共利益造成难以估量的威胁。因此，强化数据安全刻不容缓，需采用先进的加密技术，对数据进行全方位保护，防止数据在传输、存储过程中被窃取或篡改，同时建立严格的安全管理制度，确保数据访问权限的合理分配与管控^[7]。

2.2 技术标准不统一

技术标准不统一也是一大难题。当前，数字化技术在高速公路施工管理中的应用缺乏统一规范，不同单位各自为政，采用的技术路线千差万别。这导致数据格式不一致、接口不兼容，使得整体数字化采集处理成本大幅增加，数据共享和应用也困难重重。为推动数字化技术的广泛应用，行业需尽快制定统一的技术标准和处理规范，明确数据格式、接口标准等，促进各单位之间的数据互通与协同工作。

2.3 专业人才短缺

专业人才短缺同样制约着数字化技术的发展。数字化技术的应用需要既懂工程技术又懂数字化技术的复合型人才。然而，目前公路工程管理领域此类人才匮乏，现有从业人员数字化素养和技能水平有待提高。因此，需加强人才培养和引进力度，通过开展专业培训、与高校合作培养等方式，培养一批适应数字化时代需求的专业人才，为数字化技术在施工过程中的有效应用提供坚实的人才保障。

3 数字化技术在施工管理中的创新探究

在高速公路建设蓬勃发展的当下，数字化技术正以前所未有的态势融入施工管理，不断推动着行业变革。以下从多个维度深入探讨其在施工管理中的创新应用。

3.1 智能化决策支持系统的开发

高速公路施工管理涉及海量数据处理与分析，开发智能化决策支持系统成为必然趋势。该系统巧妙融合大数据分析 with 人工智能技术，对施工全流程数据进行实时监测与深度剖析。以交通流量数据为例，系统可精准捕捉交通流量的时空变化规律，通过复杂算法预测未来交通趋势。基于这些预测结果，管理者能够提前规划施工时段，避开交通高峰，优化施工期间的交通组织方案，减少对正常交通的影响。同时，对施工进度数据的分析，可及时发现潜在延误风险，如材料供应不足、设备故障等，从而迅速调配资源，采取针对性措施，确保施工按计划推进。

3.2 虚拟现实（VR）与增强现实（AR）技术的应用

VR和AR技术为高速公路施工管理带来了全新的视角和体验。借助VR技术，可构建高度逼真的虚拟施工

场景,让管理人员和施工人员仿佛置身于实际施工现场。在这个虚拟环境中,他们能够提前模拟施工流程,全面排查潜在问题和风险,如地质条件变化对施工的影响、施工工艺的可行性等,提前制定应对策略,降低实际施工中的不确定性。而 AR 技术则在实际施工现场中发挥强大作用,通过叠加虚拟信息,为施工人员提供实时、精准的指导^[8]。例如:在复杂结构施工中,施工人员可通过 AR 设备获取详细的施工步骤、尺寸要求等信息,提高施工精度和效率,同时减少因操作失误带来的安全隐患。

3.3 区块链技术在数据管理中的应用

区块链技术凭借去中心化、不可篡改、可追溯等特性,在高速公路施工数据管理中展现出独特优势。在施工过程中,涉及材料采购、施工进度、质量检测等众多环节,数据真实性至关重要。区块链技术将这些数据以加密形式记录在分布式账本上,一旦记录便无法被篡改,确保了数据的完整性和可信度。各方参与者可通过区块链平台实时查看和验证数据,实现数据的透明共享。同时,区块链的可追溯性使得任何数据变动都能被准确记录,方便对施工过程进行全程监督和管理,一旦出现问题,可迅速追溯责任源头,提高施工管理的规范性和公正性。

4 数字化技术在施工管理中的发展趋势及应用前景

4.1 智能化与自动化发展

未来,数字化技术将向智能化和自动化方向发展。通过应用人工智能、机器学习等技术,实现高速公路施工管理的自动化和智能化。例如:开发智能施工机器人,实现自动化的施工操作;利用智能传感器和监控系统,实现施工过程的实时监控和自动预警。这些技术的应用,将大大提高施工效率和质量,降低人力成本和安全风险。

4.2 绿色化与可持续发展

随着环保意识的不断提高,绿色化和可持续发展成为高速公路建设的重要目标。数字化技术可以为绿色化建设提供有力支持。例如:通过应用 BIM 技术,优化设计方案,减少资源浪费和环境污染,比如在设计阶段精确计算材料用量,避免过度采购;通过物联网技术,实现能源的智能管理和优化利用,降低能源消耗,如智能照明系统根据环境光线自动调节亮度。未来,数字化技术将在绿色化建设方面发挥更加重要的作用,助力高速公路建设实现经济效益与环境效益的双赢。

4.3 跨领域协同合作

数字化技术的发展将促进跨领域的协同合作。在高速公路建设领域,数字化技术可以与交通、环保、

能源等多个领域进行深度融合,实现数据的共享和互通。例如:通过与交通管理部门合作,实现交通流量的实时监测和调控,根据施工路段情况合理规划交通分流方案;通过与环保部门合作,实现施工过程中的环境监测和治理,实时掌握扬尘、噪声等污染指标并采取相应措施。这些跨领域的协同合作,将为高速公路建设带来更加全面和高效的管理模式,提升项目整体效益。

4.4 应用前景展望

随着数字化技术的不断发展和应用,其在高速公路路基桥梁施工管理中的应用前景十分广阔。未来,数字化技术将实现高速公路建设全生命周期的智能化管理,从设计、施工到运维,各个环节都将实现数字化和智能化,例如基于数字孪生技术构建的虚拟高速公路模型,可实时模拟运行状态进行预测性维护。同时,数字化技术还将推动高速公路建设向更加高效、安全、绿色的方向发展,为经济社会发展提供更加有力的支撑,成为交通基础设施建设的重要驱动力。

5 结束语

数字化技术革新了高速公路路基桥梁施工管理,BIM、物联网、大数据分析等技术的应用提升了设计精度、施工效率与管理水平,但在实际应用中仍面临数据安全、技术标准不统一、人才短缺等挑战。本研究探讨了数字化技术在高速公路路基桥梁施工管理中的应用。通过构建数字化管理平台,切实增强了施工管理智能化水平。未来,高速公路路基桥梁施工管理将向智能化、自动化、绿色化发展,实现跨领域协同,构建高效、安全、绿色的运营模式。

参考文献:

- [1] 李鑫.工程施工行业与数字化技术的相关性思考[J].建材发展导向,2022,20(04):108-110.
- [2] 文建国.公路施工标准化管理探析[J].四川水泥,2016(06):138.
- [3] 彭建宏.数字化技术在公路路面施工中的应用研究[J].工程建设与设计,2023(06):89-91.
- [4] 范本高.数字化技术在高速公路改扩建路面施工中的应用研究[J].建筑技术开发,2021,48(08):123-125.
- [5] 龙运泉,刘远明.BIM技术在道路工程设计中的应用与发展[J].中国勘察设计,2020(11):92-95.
- [6] 刘飞.数字化管理在工程中的应用[J].建筑科技,2020,04(02):85-88.
- [7] 衣倩,王琰.公路基础设施数字化标准体系构建研究[J].中国标准化,2023(09):65-72.
- [8] 王建伟,高超,董是,等.道路基础设施数字化研究进展与展望[J].中国公路学报,2020,33(11):101-124.